

PENGEMBANGAN METODE PARAMETER AWAL ROTOR TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE SAVONIUS

Sulistyo Atmadi, Ahmad Jamaludin Fitroh
Peneliti Pusat Teknologi Dirgantara Terapan, LAPAN

ABSTRACT

A method to determine preliminary parameters of a vertical savonius wind turbine rotor has been developed. By providing values for a given power and wind speed, an approximate rotor area, diameter, height and rotational speed can be estimated. Rotor area is influenced by power coefficient c_p . Rotor rotational speed is calculated after values for rotor diameter and tip speed ratio (TSR) have been determined. In this study, values of $c_p = 0.1$, $TSR = 0.8$ and $D/t = 0.8$ (diameter to height ratio) are used. Tables of power, wind speed, rotor area, diameter, height and rotational speed are then produced. These tables should become a valuable resources to those who are either novice or beginner in the field of wind turbine, but wanting to design vertical savonius wind turbine. They can then build the turbine easily.

Keywords: *Wind turbine, Savonius, Preliminary parameter*

ABSTRAK

Telah dikembangkan metode penentuan parameter awal rotor turbin angin sumbu vertikal tipe Savonius. Dengan daya dan kecepatan angin tertentu, maka kisaran luas, diameter, tinggi, dan kecepatan putar rotor dapat diketahui. Luas rotor sangat dipengaruhi oleh koefisien daya, c_p . Kecepatan putar rotor rancangan dapat dihitung setelah diameter rotor dihitung dan *Tip Speed Ratio* ditentukan. Penelitian ini menggunakan harga koefisien daya (c_p), *Tip Speed Ratio* (TSR), dan rasio diameter terhadap tinggi rotor (D/t) masing – masing 0,1 ; 0,8 ; dan 0,8. Hasil metode ini berupa tabel daya, kecepatan angin, luas rotor, diameter, tinggi serta kecepatan putar, dapat digunakan sebagai rancangan awal turbin angin Savonius bagi para pemula maupun bagi yang awam tentang turbin angin namun ingin membuat, karena turbin angin Savonius dapat dibuat secara sederhana

Kata kunci: *Turbin angin, Savonius, Parameter awal*

1 PENDAHULUAN

Turbin angin adalah sebuah sistem yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik angin menjadi energi listrik. Energi angin dikonversi sebagian menjadi energi putar oleh rotor. Dengan atau tanpa roda gigi, rotor memutar generator. Oleh generator energi putar tersebut dikonversi menjadi energi listrik.

Berdasarkan arah orientasi putarnya rotor dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu rotor sumbu horizontal dan rotor sumbu vertikal. Rotor sumbu horizontal mempunyai arah orientasi putar sejajar dengan arah datangnya angin, demikian juga sebaliknya. Rotor sumbu horizontal berbasis gaya angkat, mempunyai sudu yang ramping, dan kecepatan putar yang tinggi. Rotor sumbu

vertikal mempunyai sudu yang lebar dan kecepatan putar yang rendah.

Berdasarkan prinsip kerjanya rotor vertikal secara umum dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe dengan pembangkit putaran komponen gaya hambat dan tipe dengan pembangkit putaran komponen gaya angkat. Rotor tipe Savonius berbasis gaya hambat sedangkan rotor tipe Darieus berbasis gaya angkat. Oleh karena rotor tipe Savonius berbasis gaya hambat, maka sudunya dapat terbuat dari pelat datar atau pelat lengkung. Rotor tipe Darieus membutuhkan gaya angkat pada sudunya supaya dapat menghasilkan daya sehingga penampang sudu umumnya berupa airfoil.

Pembuatan turbin angin Darieus lebih sulit karena perlu pengetahuan tentang aerofoil serta pembuatannya dan juga bekerja pada kecepatan angin yang tinggi, sedangkan turbin angin Savonius dapat dibuat secara sederhana serta bekerja pada daerah kecepatan angin yang rendah. Sehingga pada penelitian ini dipilih sebagai obyek adalah rotor turbin angin tipe Savonius. Untuk merancang sebuah rotor, maka diperlukan beberapa parameter awal sebagai *requirement*. Parameter awal tersebut antara lain :

- daya rancangan,
- kecepatan angin rancangan,
- luas frontal rotor,
- diameter rotor,
- tinggi rotor,
- kecepatan putar rotor rancangan.

Semua parameter awal rotor tersebut berhubungan satu sama lain. Apabila semua parameter awal telah ditetapkan dan dihitung, maka kegiatan perancangan dan analisis rotor akan menjadi lebih mudah.

2 DASAR TEORI

Rotor mengubah energi kinetik angin menjadi energi putar yang nantinya diubah menjadi energi listrik oleh generator. Daya yang dihasilkan rotor secara langsung sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin dan luas rotor. Hubungan antara daya rotor, kecepatan angin, dan luas rotor dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{daya} \approx \text{tekanan dinamik angin} * \text{luas rotor} * \text{kecepatan angin}$$

Pernyataan di atas dapat dituliskan dalam bentuk matematika sebagai berikut :

$$P \approx qAV \tag{2-1}$$

Keterangan:

- P = daya,
- q = tekanan dinamik angin,
- A = luas frontal rotor,
- V = kecepatan angin.

Tekanan dinamik angin dinyatakan sebagai berikut :

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2 \tag{2-2}$$

Keterangan:

- ρ = kerapatan udara

Berdasarkan kedua persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa daya rotor akan semakin besar bila kecepatan angin dan luas rotor semakin besar. Selain kecepatan angin dan luas rotor, daya rotor juga ditentukan oleh prestasi sudu yang biasa dinyatakan dalam bentuk koefisien daya, C_p . Semakin tinggi harga C_p sudu, maka daya yang dihasilkan rotor juga akan semakin besar.

Koefisien daya, C_p didefinisikan sebagai jumlah daya angin yang dapat diserap oleh rotor. Definisi tersebut dapat juga dituliskan dalam bentuk berikut :

$$\text{koefisien daya} = \frac{\text{daya angin yang dapat diserap rotor}}{\text{daya angin yang menerpa rotor}} = \frac{\text{daya rotor}}{\text{daya angin}}$$

Daya angin merupakan hasil perkalian antara tekanan dinamik angin, luas rotor, dan kecepatan angin. Apabila definisi daya angin digabungkan dengan kedua persamaan di atas maka hubungan beberapa parameter rotor menjadi sebagai berikut :

$$c_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho V^3 A} \quad (2-3)$$

Harga c_p menentukan prestasi sudu. Untuk rotor tipe Savonius harga c_p berkisar 0,08 sampai dengan 1,50.

Harga c_p secara tidak langsung dipengaruhi oleh *Tip Speed Ratio* (TSR), yaitu perbandingan antara kecepatan di ujung sudu terhadap kecepatan angin. Untuk rotor tipe Savonius harga TSR berkisar 0,5 sampai dengan 1,2.

Kecepatan putar rotor sangat dipengaruhi oleh daya dan kecepatan angin rancangan. Untuk kecepatan angin rancangan yang sama, maka semakin besar daya yang diinginkan akan memerlukan luas rotor yang semakin besar juga. Apabila luas rotor semakin besar, maka diameter rotor juga akan semakin besar. Dengan TSR tertentu, maka kecepatan putar rotor rancangan akan semakin kecil.

Untuk daya rancangan yang sama, maka semakin tinggi kecepatan angin rancangan akan memerlukan luas rotor yang semakin kecil. Dengan TSR tertentu, maka kecepatan putar rotor rancangan akan semakin tinggi.

3 METODE

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kisaran ukuran dan kece-

patan putar rotor untuk daya yang diinginkan pada kecepatan angin rancangan tertentu. Beberapa parameter yang dijadikan batasan adalah:

- koefisien daya, c_p ,
- *Tip Speed Ratio*, λ ,
- rasio diameter rotor terhadap tinggi rotor, D/t .

Harga c_p untuk rotor *Savonius* berkisar 0,08 sampai dengan 1,50. Dalam hal ini dipilih harga c_p sama dengan 0,10.

Harga *Tip Speed Ratio*, λ untuk rotor *Savonius* berkisar 0,5 sampai dengan 1,2. Dalam hal ini dipilih harga λ sama dengan 0,8.

Setelah daya rancangan, kecepatan angin rancangan, dan koefisien daya ditentukan, maka luas frontal rotor dapat dihitung. Luas rotor tersebut merupakan perkalian antara diameter rotor dan tinggi rotor. Apabila tidak menggunakan roda gigi, maka kecepatan putar rotor akan sama dengan kecepatan putar generator. Jika menggunakan generator putaran tinggi maka diameter rotor harus lebih kecil, demikian juga sebaliknya. Secara umum generator putaran tinggi mempunyai harga yang lebih murah. Namun dengan diameter rotor yang lebih kecil kemampuan *start-up* juga lebih kecil. Dalam hal ini dipilih rasio diameter terhadap tinggi rotor, D/t sama dengan 0,8.

4 HASIL

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kisaran ukuran dan kecepatan putar rotor sumbu vertikal tipe *Savonius* yang diperlukan supaya dapat menghasilkan daya pada kecepatan angin rancangan tertentu. Hasil penelitian disajikan dalam tabel-tabel di bawah ini.

Tabel 4-1a : DAYA 10 – 50 WATT

Daya (Watt)	Kec. Angin (m/det)	Luas (m ²)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Kec. Putar (RPM)
10	4	2,6	1,4	1,8	40
	6	0,8	0,8	1,0	120
	8	0,3	0,5	0,6	240
	10	0,2	0,4	0,5	420
30	4	7,7	2,5	3,1	25
	6	2,3	1,3	1,7	70
	8	1,0	0,9	1,1	140
	10	0,5	0,6	0,8	240
50	4	12,8	3,2	4,0	20
	6	3,8	1,7	2,2	50
	8	1,6	1,1	1,4	110
	10	0,8	0,8	1,0	190

Tabel 4-1b: DAYA 100 – 500 WATT

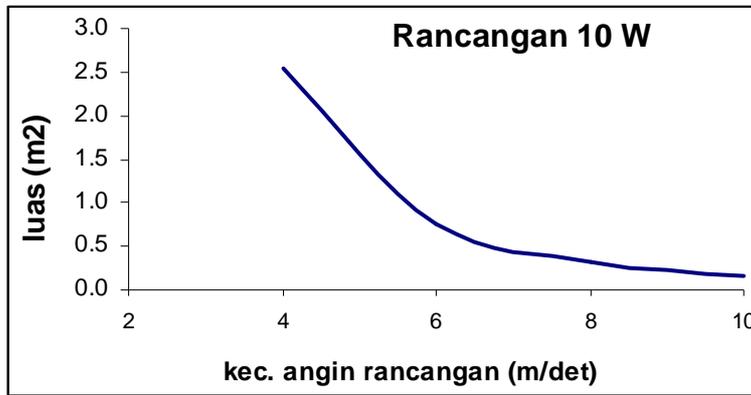
Daya (Watt)	Kec. Angin (m/det)	Luas (m ²)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Kec. Putar (RPM)
100	4	25,5	4,5	5,6	15
	6	7,6	2,5	3,1	40
	8	3,2	1,6	2,0	75
	10	1,6	1,1	1,4	130
300	4	77	7,8	9,8	8
	6	23	4,3	5,3	20
	8	10	2,8	3,5	45
	10	5	2,0	2,5	75
500	4	128	10,1	12,6	6
	6	38	5,5	6,9	17
	8	16	3,6	4,5	35
	10	8	2,6	3,2	60

Tabel 4-1c: DAYA 1.000 – 5.000 WATT

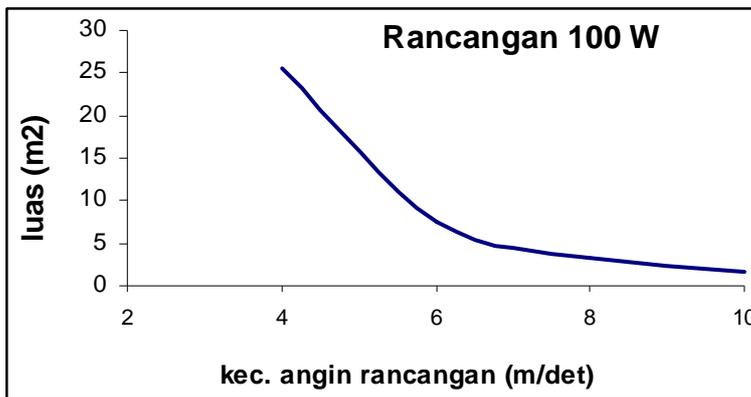
Daya (Watt)	Kec. Angin (m/det)	Luas (m ²)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Kec. Putar (RPM)
1.000	4	255	14,3	17,9	4
	6	76	7,8	9,7	12
	8	32	5,1	6,3	24
	10	16	3,6	4,5	42
3.000	4	780	25	31	3
	6	240	14	17	7
	8	100	9	11	14
	10	50	6	8	24
5.000	4	1.280	32	40	2
	6	370	17	22	5
	8	150	11	14	11
	10	80	8	10	19

Tabel 4-1d: DAYA 10.000 – 100.000 WATT

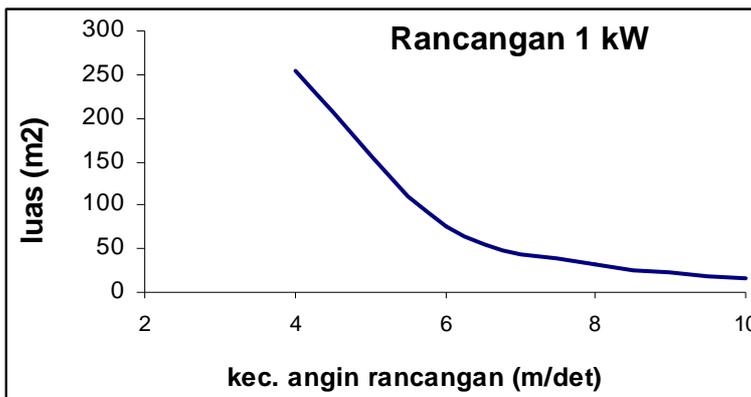
Daya (Watt)	Kec. Angin (m/det)	Luas (m ²)	Diameter (m)	Tinggi (m)	Kec. Putar (RPM)
10.000	4	2.570	45	57	1,5
	6	780	25	31	3,5
	8	320	16	20	7,5
	10	150	11	14	13,0
30.000	4	7.640	78	98	0,8
	6	2.280	43	53	2,2
	8	980	28	35	4,4
	10	500	20	25	7,7
50.000	4	12.730	101	126	0,6
	6	3.700	55	69	1,7
	8	1.620	36	45	3,4
	10	830	26	32	6,0
100.000	4	26.100	145	180	0,4
	6	7.600	80	95	1,2
	8	3.250	50	65	2,4
	10	1.600	35	45	4,2



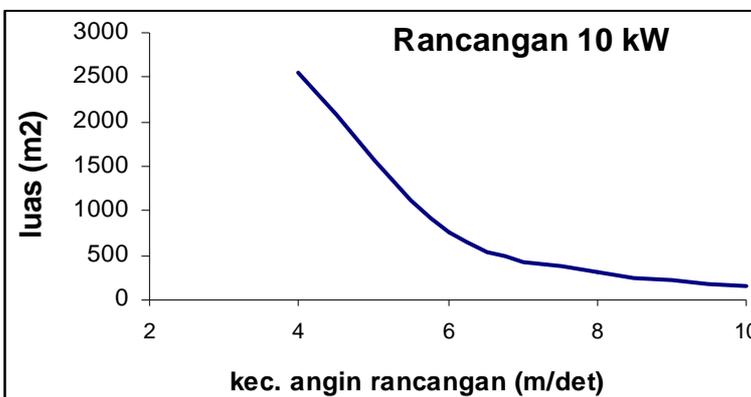
Gambar 4-1a: Luas rancangan 10 W



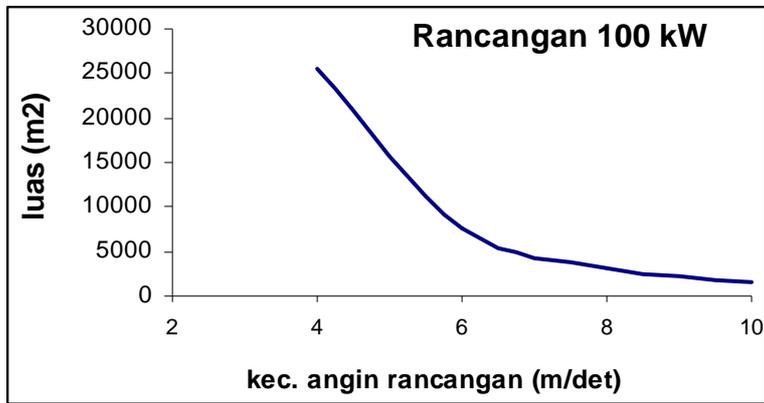
Gambar 4-1b: Luas rancangan 100 W



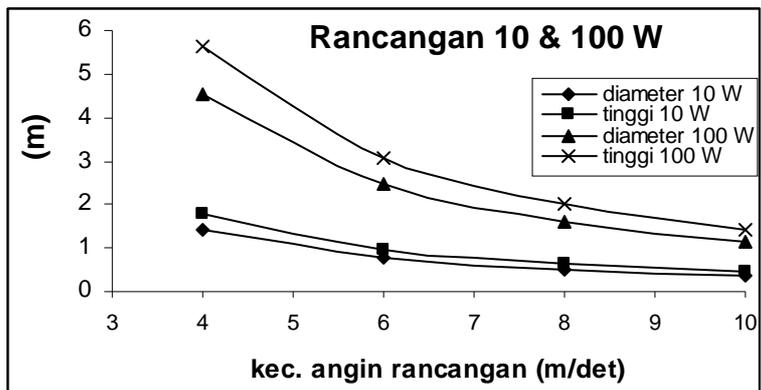
Gambar 4-1c: Luas rancangan 1 kW



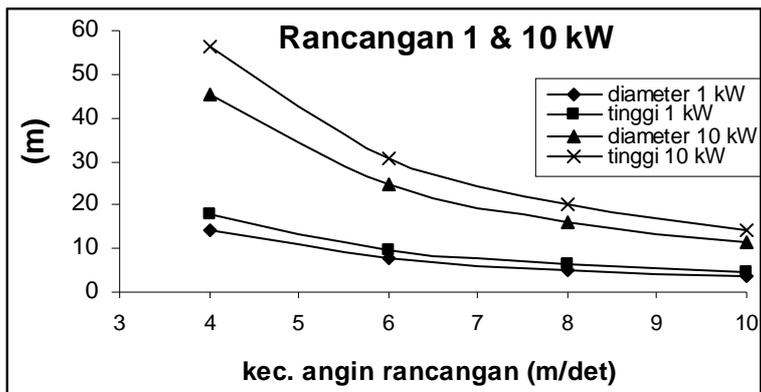
Gambar 4-1d: Luas rancangan 10 kW



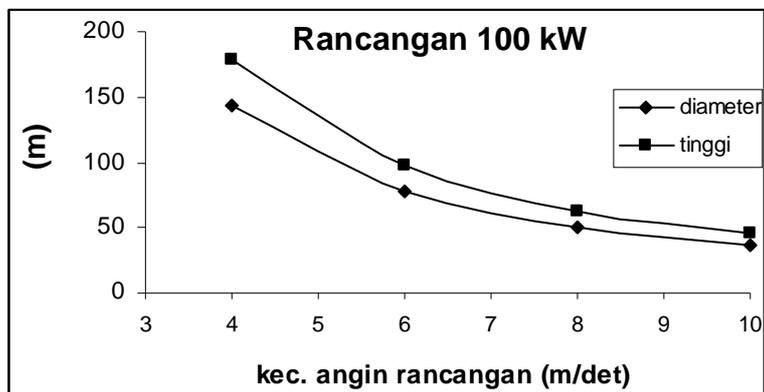
Gambar 4-1e: Luas rancangan 100 kW



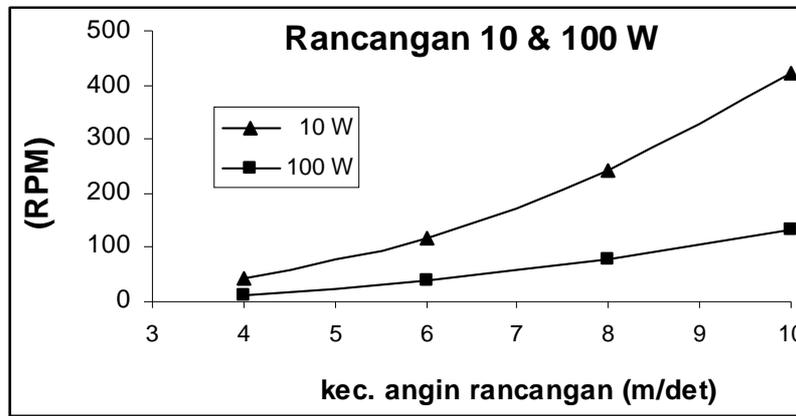
Gambar 4-2a: Diameter dan tinggi rotor 10 dan 100 W



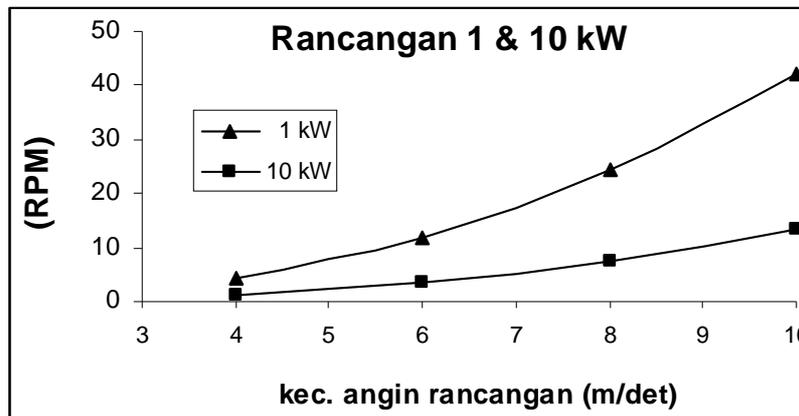
Gambar 4-2b: Diameter dan tinggi rotor 1 dan 10 kW



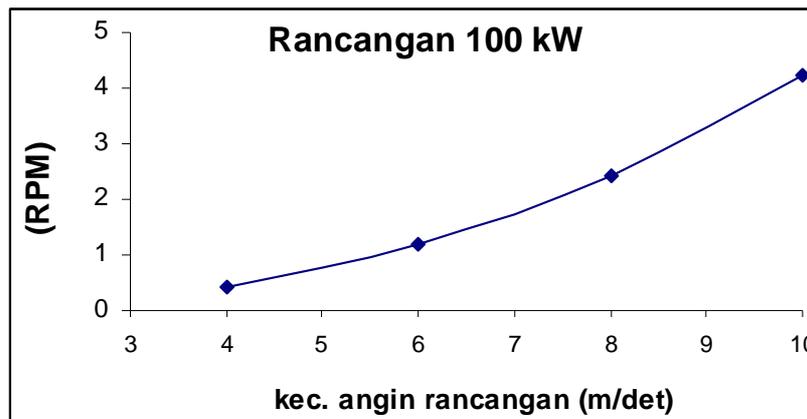
Gambar 4-2c: Diameter dan tinggi rotor 100 kW



Gambar 4-3a: Kecepatan putar (RPM) rotor 10 dan 100 W



Gambar 4-3b: Kecepatan putar (RPM) rotor 1 dan 10 kW



Gambar 4-3c:Kecepatan putar (RPM) rotor 100 kW

Semakin besar daya yang diinginkan tentunya luas rotor yang diperlukan juga semakin besar. Dengan daya yang diinginkan sama, maka semakin kecil kecepatan angin rancangan akan memerlukan luas rotor yang lebih besar. Dengan rasio diameter terhadap tinggi rotor yang sama, maka kenaikan luas rotor akan sebanding dengan peningkatan diameter dan tinggi rotor. Dengan *Tip Speed Ratio* yang sama, maka semakin

besar diameter rotor mengakibatkan kecepatan putar rancangan menjadi semakin kecil.

5 ANALISIS

Daya yang dihasilkan rotor secara langsung ditentukan oleh kecepatan angin dan luas rotor. Semakin tinggi kecepatan angin dan semakin besar luas rotor, maka daya yang dihasilkan rotor

juga akan semakin besar. Untuk kecepatan angin rancangan tertentu, daya rotor dapat ditingkatkan dengan cara memperbesar luas rotor.

Untuk daya keluaran rotor tertentu yang diinginkan, luas rotor yang diperlukan sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin rancangan. Semakin tinggi kecepatan angin rancangan yang dipilih maka luas rotor yang diperlukan akan semakin kecil, demikian juga sebaliknya.

Penentuan kecepatan angin rancangan sangat dipengaruhi oleh kondisi angin dimana turbin angin akan dipasang. Indonesia terletak di daerah tropis atau khatulistiwa. Kecepatan angin rata-rata di daerah tropis secara umum lebih kecil dibandingkan di benua Amerika maupun Eropa. Dengan demikian untuk daya yang sama, turbin angin tipe Savonius yang akan dipasang di Indonesia harus mempunyai luas rotor yang lebih besar.

Luas rotor biasanya sebanding secara proporsional terhadap diameter dan tinggi rotor. Peningkatan luas sapuan rotor tentunya juga memperbesar diameter rotor. Untuk daya tertentu yang diinginkan, maka semakin kecil kecepatan angin rancangan yang dipilih akan memperbesar diameter rotor yang diperlukan. Sebuah rotor biasanya dirancang pada *Tip Speed Ratio* tertentu sehingga kecepatan putar rotor akan sebanding dengan kecepatan angin rancangan yang dipilih. Dengan demikian turbin angin Savonius dengan daya yang sama akan mempunyai kecepatan putar rotor rancangan yang lebih lambat bila akan dipasang di Indonesia.

Untuk kecepatan angin rancangan tertentu yang dipilih, peningkatan daya rotor dapat dicapai dengan memperbesar luas rotor sehingga diameter rotor juga diperbesar. Dengan demikian semakin besar skala turbin angin Savonius, maka semakin lambat kecepatan putar rancangannya.

Harga dan berat generator biasanya sebanding dengan daya keluaran dan berbanding terbalik dengan kecepatan putarnya. Untuk kecepatan putar

generator yang sama, maka semakin besar dayanya semakin besar pula berat dan harganya. Untuk daya generator yang sama maka semakin tinggi kecepatan putar rancangannya, harga dan beratnya semakin ringan.

Dengan demikian, maka peningkatan kapasitas daya sebuah turbin angin Savonius akan mengakibatkan dua "konsekuensi" pada generatornya. Yang pertama adalah dengan peningkatan kapasitas daya, maka generator yang diperlukan harus lebih besar sehingga biaya yang diperlukan akan semakin mahal. Kemudian yang kedua adalah dengan meningkatnya kapasitas daya, maka kecepatan putar rancangan akan semakin lambat sehingga generator yang diperlukan akan semakin besar dan mahal.

Untuk mengubah putaran (menaikkan/menurunkan), digunakan roda gigi yang disesuaikan dengan situasi dan kondisi. Turbin angin tipe Savonius dengan kapasitas daya menengah atas mempunyai kecepatan putar rotor rancangan yang rendah. Di lain pihak untuk menekan biaya generator, maka kecepatan putar generator harus tinggi. Untuk menjembatani perbedaan antara kecepatan putar rotor dan kecepatan putar generator diperlukan penggunaan roda gigi.

Meskipun penggunaan roda gigi dapat menekan biaya generator, namun roda gigi itu sendiri tetap memerlukan biaya. Dengan demikian penghematan biaya generator harus lebih besar dari harga roda gigi.

6 KESIMPULAN

- Telah dikembangkan sebuah metode penentuan kondisi operasional dan geometri awal rotor turbin angin sumbu vertikal tipe Savonius,
- Untuk kecepatan angin rancangan yang sama, semakin besar daya yang diinginkan maka luas, diameter, dan tinggi rotor yang diperlukan juga semakin besar dan kecepatan putar rotor rancangan semakin rendah,

- Untuk daya yang sama, semakin tinggi kecepatan angin rancangan yang dipilih maka luas, diameter, dan tinggi rotor yang diperlukan menjadi lebih kecil dan kecepatan putar rotor rancangan semakin tinggi,
- Peningkatan kapasitas daya turbin angin mengakibatkan dua kali kenaikan biaya generator, yaitu akibat kenaikan daya generator itu sendiri dan akibat kecepatan putar rancangan yang lebih rendah,
- Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan awal untuk merancang turbin angin Savonius secara sederhana.

DAFTAR RUJUKAN

- Anderson, John D., 1985. *Fundamentals of Aerodynamics*, Mc. Grawhill company, Singapore.
- De Renzo, D. J., 1979. *Wind Power (Recent Development)*, Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, U.S.A.
- Tony Burton, et al., 2001. *Wind Energy Hand Book*, John Wiley & Sons.